

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Speciální pneumatická posunová zařízení

Special Pneumatic Feed Equipment

Student:

Bohuslav Munduch

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání bakalářské práce

Student: **Bohuslav Munduch**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Speciální pneumatická posunová zařízení .
Special Pneumatic Feed Equipment**

Zásady pro vypracování:

1. Uveďte přehled pneumatických pracovních prvků pro přímočarý a kyvný pohyb.
2. Popište funkci a konstrukci pneumohydraulických mechanismů.
3. Popište konstrukci a funkci pneumatických otočných stolů.
4. Pro zvolený případ navrhnete vhodný pneumatický pohon.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0
Hydropneumatics. Dostupné z < <http://www.specken-drumag.com> >
Katalogy a firemní podklady SMC, Festo, Pneumax a další

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

21. 5. 2012

B. Mudruch

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 11.5.2012.....

B. Munduch.....

podpis

Jméno a příjmení autora: Bohuslav Munduch

Adresa trvalého pobytu autora práce:
Za Pachtárnou 15, Jihlava

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MUNDUCH, B. *Speciální pneumatická posunová zařízení*: bakalářská práce. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2012, 37s. Vedoucí práce: Dvořák, L.

Bakalářská práce se zabývá přehledem a konstrukcí pneumatických a hydropneumatických pohonů, zejména jejich speciálními variantami jako jsou bezpístnicové přímočaré a kyvné pohony, otočné stoly a další. V úvodu je nastíněna montáž, provoz a údržba pneumatických mechanismů a jejich možné typové dělení. V poslední části se práce zabývá návrhem vhodného pohonu suportu frézky (jednouúčelového stroje).

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MUNDUCH, B. *Special Pneumatic Feed Equipment* : Bachelor thesis. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2012, 37 p. Thesis head: Dvořák, L.

Bachelor thesis deals with the survey and construction of pneumatic and hydropneumatic drives, especially their special options such as rodless linear and rotary actuators, rotary tables a.. The introduction outlines the assembly, operation and maintenance of pneumatic systems and the possible type of subdivision. The last part of the thesis deals with the design the appropriate drive slide milling (dedicated machine).

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Lukáši Dvořákovi, Ph.D. za konzultace, cenné rady, informace a čas strávený konzultacemi potřebnými pro vypracování mé bakalářské práce.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Lineární motory	3
2.1	Jednočinný válec	3
2.2	Dvojčinný válec	3
2.3	Pístnicové motory.....	4
2.3.1	Motory s průchozí pístnicí	4
2.3.2	Válec s pístnicí zajištěnou proti pootočení	4
2.3.3	Pneumatický válec dvěma písty.....	4
2.3.4	Tandemové válce	5
2.3.5	Válec s dvojnásobnou plochou pístu	5
2.3.6	Vícepolohové válce.....	6
2.3.7	Válce pro malé rychlosti	6
2.3.8	Válce pro velké rychlosti	6
2.3.9	Nízkotřecí válce	7
2.4	Membránové motory	7
2.5	Bezpístnicové motory.....	8
2.5.1	Bezpístnicový motor s magnetickým přenosem síly	8
2.5.2	Bezpístnicový motor magnetickým přenosem síly-externí vedení.....	9
2.5.3	Bezpístnicový motor mechanickým přenosem síly-integrované vedení	9
2.5.4	Bezpístnicový tříosý dopravní systém	9
2.5.5	Měchy	10
2.5.6	Fluidní svaly	11
3	Kyvné motory	13

3.1	Lamelové kyvné motory	14
3.2	Kyvný motor s ozubeným hřebenem a pastorkem	14
3.3	Kombinovaný lineární a kyvný motor	15
4	Rotační motory	16
4.1	Zubový motor	16
4.2	Radiální pístový motor	16
4.3	Lamelové rotační motor	17
5	Otočné stoly	17
6	Hydropneumatické systémy	19
6.1	Uzavřené hydropneumatické obvody	20
6.1.1	Pneumatický válec s olejovým brzdícím válcem	21
6.1.2	Zásobovací jednotka HPE 77	22
6.1.3	Válec s multiplikátorem tlaku	23
6.2	Otevřené hydropneumatické obvody	23
6.2.1	Hydropneumatická jednotka s pohonem vzduch-olej	24
6.2.2	Hydropneumatický motor s multiplikátorem tlaku	25
7	Návrh pneumatického pohonu	26
8	Závěr	30
9	Použitá literatura	31

Seznam použitých značek:

F	síla	[N]
S	obsah	[mm ²]
d	průměr	[mm]
p	tlak	[MPa]

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá rozdělením a popisem pneumatických pracovních prvků pro přímočarý, kyvný a rotační pohyb. V práci je uveden ucelený přehled pracovních prvků a podrobnější rozbor speciálních posunových zařízení, zejména hydropneumatických pohonů, které spojují výhody hydrauliky a pneumatiky. V poslední části práce je pro zvolený případ navržen mechanismus právě s hydropneumatickou jednotkou.

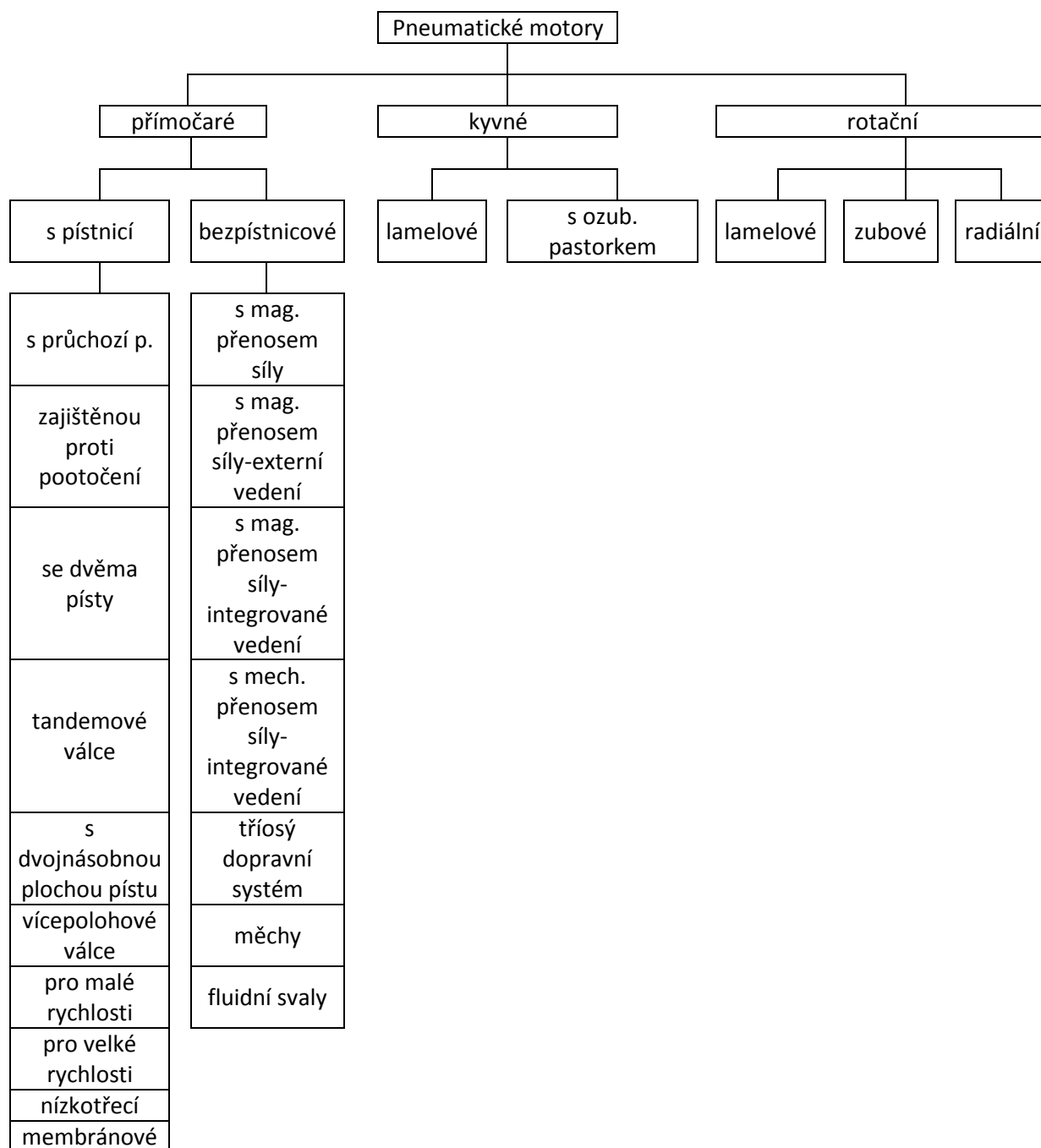
Různorodé pneumatické pracovní prvky jsou nedílnou součástí moderních automatizovaných technologií a jsou tak v dnešní době běžnou výbavou výrobních firem. S vývojem pneumatických kompaktních válců, úchopných hlavic, otočných stolů a kyvných pohonů roste využití těchto prvků a nahrazují lidskou ruku a tím zvyšují pracovní přesnost a rychlost operací, což vede ke snižování nákladů a zlepšování kvality výrobků. Díky malým rozměrům mohou být tyto prvky použity v široké oblasti průmyslu od operací tlačení, uchopení, přesouvání, posouvání a odběr předmětů po zvedání, otáčení a spouštění předmětů v technologických procesech. Výkonnou část pneumatických obvodů tvoří magnetické i nemagnetické válce mnoha průměrů, které převádějí energii tlakového vzduchu na mechanickou. Malé pneumatické válce lze provozovat i v soustavách s nepřímazávaným tlakovým vzduchem. Profilované válce vynikají velkou tuhostí a při použití těsnění z VITONU je lze používat i při vyšších teplotách.[7]

Bezporuchový stav pneumatického mechanismu a tím i celého obvodu záleží na kvalitě stlačeného vzduchu. Vlhkost a nečistoty ve stlačeném vzduchu se podílejí na opotřebení styčných ploch a těsnění a tím se snižuje výkonnost a životnost pneumatických mechanismů. K odstranění přebytečné vlhkosti a nečistot se používá jednotka na úpravu vzduchu skládající se z filtru, odlučovače kondenzátu, redukčního ventilu a maznice na případné přimazávání tlakového vzduchu vhodným olejem. Současné pneumatické mechanismy jsou téměř bezúdržbové a mají životnost i několik miliónů pracovních cyklů.

Při montáži pneumatických mechanismů je důležité zachovat správnou orientaci mechanismů, zejména komponenty s odpovídajícím směrem průtoku jako třeba jednosměrné ventily apod. Dále je nutné dodržovat předepsaný tlak vzduchu a rozsah pracovních teplot, vyvarovat se přílišných ohybových účinků na pístnice pneumomotorů a velkých setrvačných účinků zátěže v koncových polohách pneumomotorů, které by mohli

způsobit krátkou životnost mechanismu. Výše zmíněné prvky pro úpravu vzduchu apod. jsou dostatečně popsány v dostupné literatuře a jejich další specifikace a popis nejsou tématem této bakalářské práce, a proto se dále budu věnovat výhradně pracovním a speciálním prvkům.

Kolektiv autorů firmy SMC [1] dělí pneumatické pohony podle typu výstupní práce na lineární, kyvný vratný pohyb a rotační pohyb. Jako další způsob identifikace pohonu se používá dělení dle konkrétní konstrukce daného pohonu.



2 Lineární motory

Lineární motory dále dělíme dle toho, zda tlakový vzduch působí na jednu či střídavě na obě strany válce na jednočinné a dvojčinné a dle konstrukce jednotlivých válců. Nejrozšířenější jsou jednočinné a dvojčinné válce s kruhovým pístem.

2.1 Jednočinný válec

Tlakový vzduch působí jen na jednu stranu pístu. Válec lze použít na vyvození tažné nebo tlačné síly. Po odvětrání válce se vrací do původní polohy pomocí pružiny nebo vlivem externí zátěže. Jednočinné válce se vyrábějí ve dvou provedeních s pístnicí v klidové poloze zasunutou (Obr. 1) a vysunutou (Obr. 2). Jednočinné válce se nejčastěji používají k upínání, posouvání, vyhazování apod. různých přípravků a polotovárů. Síla zdvihu válce je nižší o sílu pružiny oproti dvojčinným válcům.



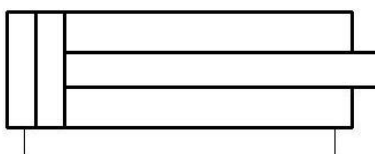
Obr. 1 Pneumatický válec s pístnicí v klidové poloze zasunutou[1]



Obr. 2 Pneumatický válec s pístnicí v klidové poloze vysunutou[1]

2.2 Dvojčinný válec

Tlakový vzduch působí střídavě na jednu nebo druhou stranu pístu. Dvojčinné válce (Obr. 3) se používají tam, kde je potřeba pracovní sílu v obou směrech.

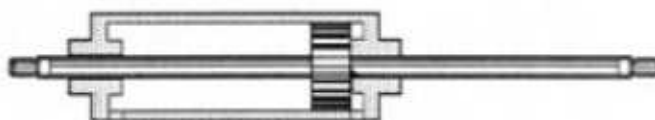


Obr. 3 Symbol dvojčinného válce

2.3 Pístnicové motory

2.3.1 Motory s průchozí pístnicí

Tento typ pneumatického válce (Obr. 4) je méně náchylný na radiální zatížení, protože jeho pístnice je vedena na dvou místech. Na jeden konec pístnice se většinou upevňují měřicí přístroje nebo koncové spínače.



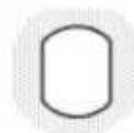
Obr. 4 Pneumatický válec s průběžnou pístnicí[1]

2.3.2 Válec s pístnicí zajištěnou proti pootočení

V některých aplikacích může dojít k nežádoucímu pootočení břemene při vysouvání nebo zasouvání pístnice, proto se volí namísto běžného kruhového průřezu pístnice nekruhový průřez (Obr. 5, Obr. 6) nebo externí vedení pístnice.



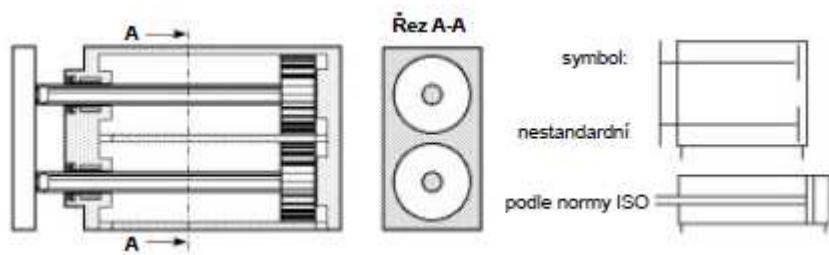
Obr. 5 Šestihranná pístnice[1]



Obr. 6 Pístnice se dvěma vodícími plochami[1]

2.3.3 Pneumatický válec dvěma písty

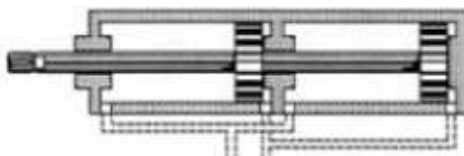
Můžeme označovat jako paralelní spojení dvou pneumatických válců. Používáme tam, kde z důvodu omezeného prostoru nemůžeme použít standartní kruhový nebo čtvercový průřez válce. Válec se dvěma písty má obdélníkový průřez (Obr. 7).



Obr. 7 Válec se dvěma písty[1]

2.3.4 Tandemové válce

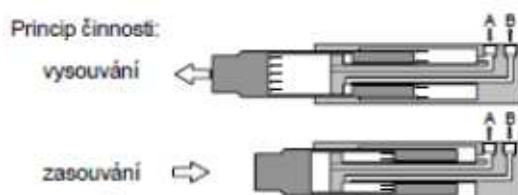
Tandemové válce můžeme označovat jako sériové spojení dvou válců (Obr. 8). U tandemových válců jsou umístěny dva písty na jedné pístnici. Vzduch přivádíme paralelně k oběma pístům zároveň. Dosahujeme tím téměř dvojnásobné síly válce.



Obr. 8 Tandemový válec[1]

2.3.5 Válec s dvojnásobnou plochou pístu

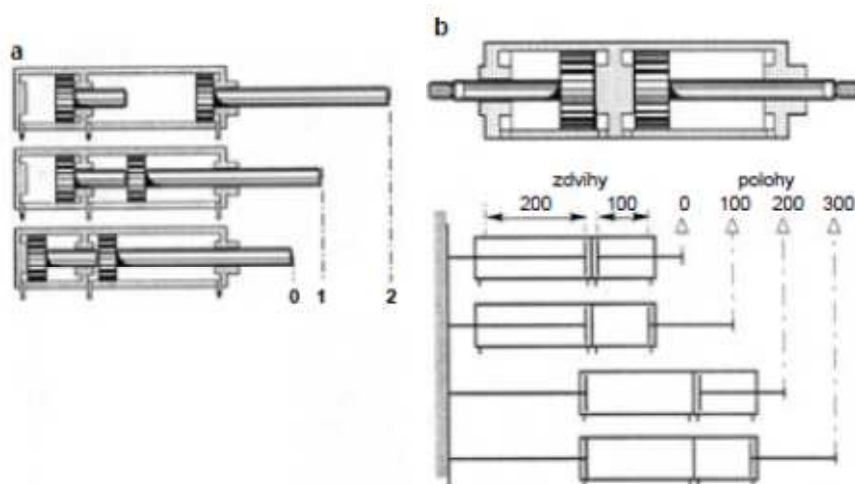
Při omezených prostorových možnostech, kde nelze použít tandemový válec lze použít válec s dvojnásobnou plochou pístu (Obr. 9). Vzduch, který vstupuje do tohoto válce, působí jak na standardní plochu válce, tak i na plochu uvnitř duté pístnice. Tímto řešením lze vyvodit až dvojnásobnou sílu válce. Nevýhodou může být nižší síla při zasouvání válce, než je tomu u standardního provedení. Oproti tandemovému válci má toto provedení o 30% menší rozměry.



Obr. 9 Válec s dvojnásobnou plochou pístu[1]

2.3.6 Vícepolohové válce

U běžných válců dosahujeme pouze dvou poloh a to při zasunuté a vysunuté pístnici. Je-li potřeba dosažení více poloh, používají se vícepolohové válce. Válců se vyrábějí ve dvou základních provedeních. Buď pro 3 polohy (Obr. 10a), nebo pro 4 polohy (Obr. 10b). Přiváděním tlakového vzduchu z jedné nebo druhé strany pístů dosahujeme různých poloh vysunutí.



Obr. 10a Třípolohový válec, 10b čtyřpolohový válec[1]

2.3.7 Válců pro malé rychlosti

Tyto válce jsou napájeny tlakovým vzduchem o nízkých tlacích. Rychlost těchto válců se pohybuje okolo 0,5 mm/s. Mají plynulý rozběh i po delší době bez činnosti. K řízení těchto válců používáme škrtící ventily pro malé rychlosti zapojené současně jako škrcení na vstupu i na výstupu.

2.3.8 Válců pro velké rychlosti

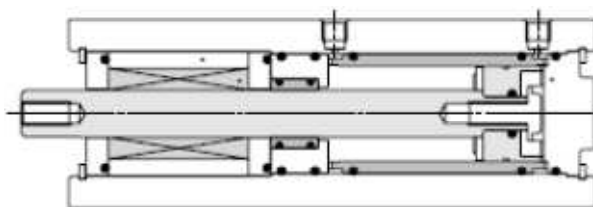
Z důvodu velkých provozních rychlostí jsou tyto válce schopny utlumit vysokou pohybovou energii (až 20x vyšší) na konci zdvihu. Rychlost těchto válců (Obr. 11) dosahuje až 3 m/s.



Obr. 11 Vysokorychlostní válec[1]

2.3.9 Nízkotřecí válce

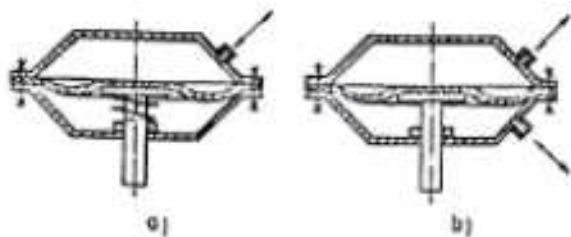
Nízkotřecí válce (Obr. 12) mají velmi nízký rozběhový tlak (5000 Pa), velmi dlouhou životnost (až 100 mil. cyklů nebo 10 000 km). Jejich rychlost se může pohybovat od 0,3 mm/s až do 3 m/s. Tohoto je dosaženo zvoleným kovovým těsněním a valivým uložením pístnice.



Obr. 12 Nízkotřecí válec[1]

2.4 Membránové motory

Membránové motory se skládají ze dvou vík, membrány, pružiny (jednočinný), kotouče a pístní tyče. Tento typ motoru se vyrábí většinou s malými zdvihy, proto se používá k upínání polotovárů nebo k stříhání a lisování. K dostání je ve dvou variantách jako jednočinný (Obr. 13a) nebo dvojčinný (Obr. 13b).



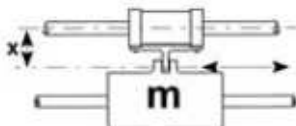
Obr. 13 Membránový motor[8]

2.5 Bezpístnicové motory

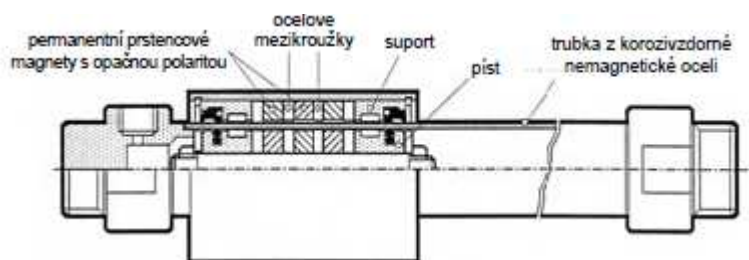
Bezpístnicové motory mají při zachování průměru i zdvihu válce menší konstrukční rozměry. Proto se využívají tam, kde potřebujeme velké zdvihy v omezeném prostoru. Standartně se vyrábějí se zdvihy do 2000 mm, na zvláštní požadavek lze vyrobit i motory s větším zdvihem.

2.5.1 Bezpístnicový motor s magnetickým přenosem síly

Přenos pohybu pístu na suport je realizován silnými permanentními magnety (Obr. 15). Silový přenos odpovídá standardnímu pneumatickému válci. Při nárazu jezdce velkou rychlostí na pevný doraz může dojít k tzv. utržení pístu, tj. přerušení spojení magnetických siločar. Při tomto utržení nedochází k poškození válce. Suport válce je spojen s poháněným mechanismem ramenem (Obr. 14). Délka tohoto ramene (x) omezuje maximální hmotnost poháněného mechanismu (m).



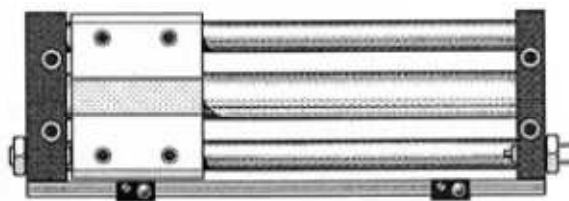
Obr. 14 Spojení suportu s poháněným mechanismem[1]



Obr. 15 Bezpístnicový válec s magnetickým přenosem síly[1]

2.5.2 Bezpístnicový motor magnetickým přenosem síly-externí vedení

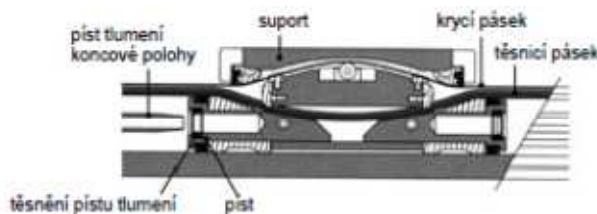
U bezpístnicového motor s magnetickým přenosem síly a externím vedením (Obr. 16) lze spojit poháněný mechanismus s jezdce. Při volbě válce je třeba zohlednit momenty působící na vedení při dojezdu jezdce do koncových poloh a průhyb vodících tyčí při zatížení vedeným mechanismem v polovině zdvihu.



Obr. 16 Bezpístnicový motor s mag. přenosem síly a ext. vedením[1]

2.5.3 Bezpístnicový motor mechanickým přenosem síly-integrované vedení

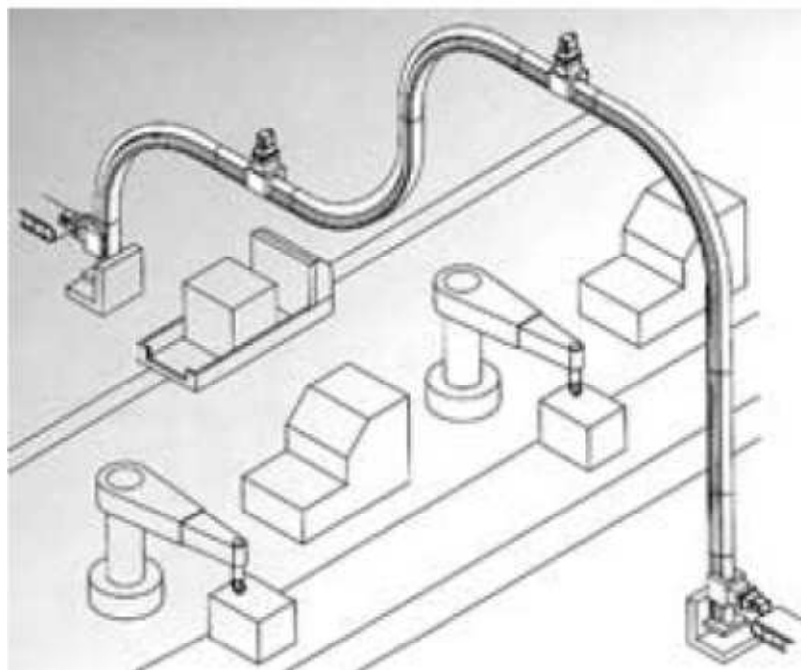
Polohu pístu zaručuje vedení uložení v drážce profilu motoru (Obr. 17). Tato drážka je kryta pružným těsnícím páskem. Tento těsnící pásek je konstrukčně náročný a nezaručuje absolutní přesnost, proto tyto motory nelze použít do velmi čistého prostředí. Mechanické spojení pístu s jezdce vylučuje přerušení spojení při manipulaci s těžkým břemenem.



Obr. 17 Bezpístnicový moto s mechanickým přenosem síly s integrovaným vedením[1]

2.5.4 Bezpístnicový tříosý dopravní systém

Tento systém [3] (Obr. 18) pracuje na principu bezpístnicového motoru. Díky stavebnímu uspořádání prvků lze přizpůsobit konkrétním podmínkám provozu. Tento systém se vyrábí ve dvou velikostech a to s průměrem vedení 15 mm s možným zatížením až 2 kg a 32 mm s možným zatížením až 10 kg. Jezdec (Obr. 19) může dosahovat rychlostí od 50 do 2000 mm/s a lze pneumaticky ovládat jeho mezipolohy.



Obr. 18 Třiosý dopravní systém[2]



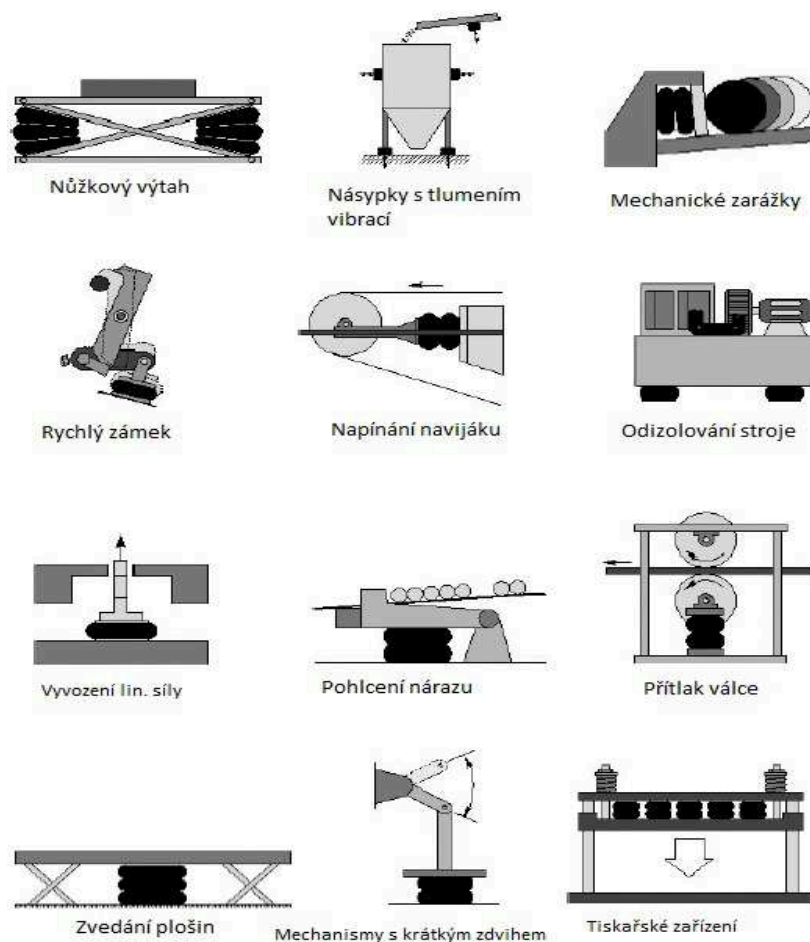
Obr. 19 Detail jezdce[2]

2.5.5 Měchy

Měchy se vyrábějí z neoprénové gumy zpevněné 2 vrstvami nylonového kordu. Vnější průměr těchto válců není konstantní a liší se podle polohy, největší průměr mají měchy při stlačené poloze a naopak. Po přivedení pracovního média se průměr měchu zužuje a roste jeho výška, čím více je měch vysunutý, tím menší je jeho síla. Měchy se vyrábějí ve dvou základních provedení- s jednoduchým nebo zdvojeným měchem, existují však i ztrojené měchy. Limitní zdvih pro jednoduchý měch činí 130 mm a pro zdvojený 293 mm,

maximální úhel natočení činí 30°. Minimální a maximální zdvih se vymezuje zarážkami, aby nedošlo k poškození měchu. Jako pracovní médium slouží tlakový vzduch, směs vody a glykolu nebo brzdová kapalina. Hydraulické oleje se nepoužívají. Standartní měchy pracují s tlaky od 2 do 8 barů a s teplotami od -40°C do +70°C, na požádání lze zhotovit speciální provedení měchů s větším teplotním rozsahem nebo průměrem. Měchy jsou vyráběny pouze v jednočinné variantě.

Použití měchů v praxi[9]:



Obr. 20 Použití měchů v praxi[9]

2.5.6 Fluidní svaly

Fluidní sval (Obr. 21), vynález firmy Festo [4], je tažný prvek, který pracuje na principu biologického svalu. Skládá se z kontrakční hadice (membrány) a připojovacích prvků (Obr. 22). Tyto bionické prvky se skládají převážně z dutých elastomerových válců obklopených aramidovými vlákny. Po přivedení tlaku se hadice rozšíří směrem do stran, což vyvolá axiální sílu a zkrácení v podélném směru fluidního svalu. Tato síla má téměř axiální průběh a její nejehospodárnější pracovní rozsah je do 15% jmenovité délky svalu. Fluidní

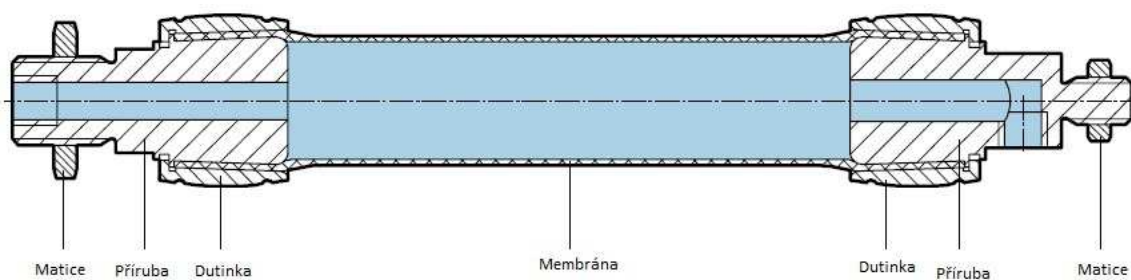
sval se používá jako jednočinný pohon a pneumatická pružina. Rozšíření do stran nelze použít jako upínací prvek, protože by došlo k poškození svalu vnějším třením.

Výhody fluidního svalu:

- až 10x větší síla počáteční síla než u válce stejného průměru
- velké dynamické vlastnosti i při větším zatížení
- odstranění efektu stick-slip, absolutně plynulý průběh i při extrémně pomalých rychlostech
- žádné pohybující se mechanické díly
- snadné řízení bez nutnosti snímače polohy
- hermeticky těsná konstrukce, ideální do prашných a znečištěných prostředí

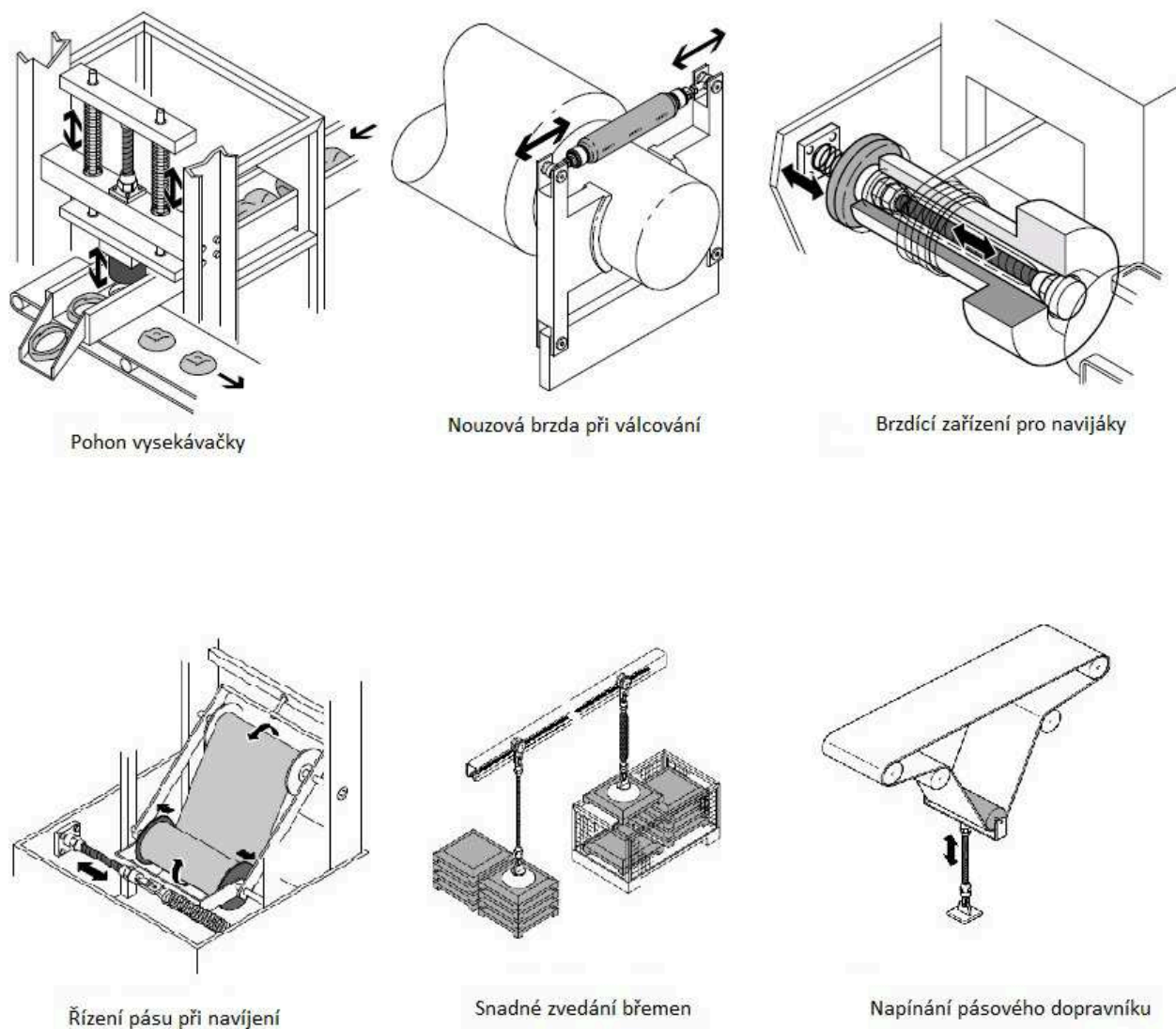


Obr. 21 Fluidní sval[4]



Obr. 22 Konstrukční řez fluidním svalem[4]

Příklad použití fluidních svalů v praxi[4]:



Obr. 23 Příklad použití fluidních svalů v praxi[4]

3 Kyvné motory

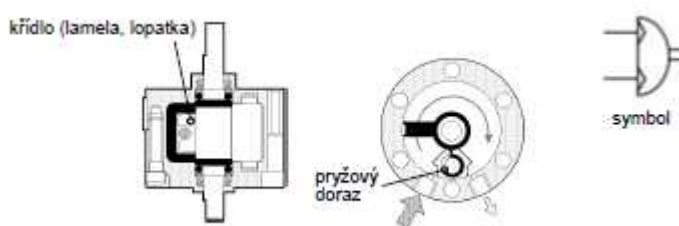
Kyvný motor na rozdíl od přímočarého vyvozuje rotační charakter výstupního pohybu. Kyvné motory získávají stále větší význam při konstrukci manipulátorů. V závislosti na konkrétním provedení lze s kyvnými motory a kombinací s jinými prvky otáčet nebo obracet břemena, zavírat nebo otevírat různé klapky a ventily. Dělí se podle principu funkce do dvou skupin: 1) s rotorem s křídlem (lamelou) a 2) s ozubeným hřebenem a pastorkem.

3.1 Lamelové kyvné motory

Tlakový vzduch působí na jednu nebo druhou stranu křídla (lamely), ta je spojena s hřídelí, která je uložena ve valivých ložiskách. Po obvodu lamely je trojrozměrné těsnění (Obr. 24) z elastomeru. Většina lamelových pohonů má válcové těleso vyrobené z hliníkových slitin. Tyto pohony se vyrábějí s úhlem natočení 90° , 180° a 270° . Na druhý, nepracovní, konec hřídele lze upevnit snímače polohy nebo nástavec s přestavitelnými dorazy k omezení úhlu kyvu. Lamelové pohony mají oproti pohonům s ozubeným hřebenem a pastorkem následující výhody:

- přímý přenos kroutícího momentu na výstupní hřídel
- jednoduchou konstrukci a malý počet částí
- nemá mechanický převod mezi hnacím a hnaným členem

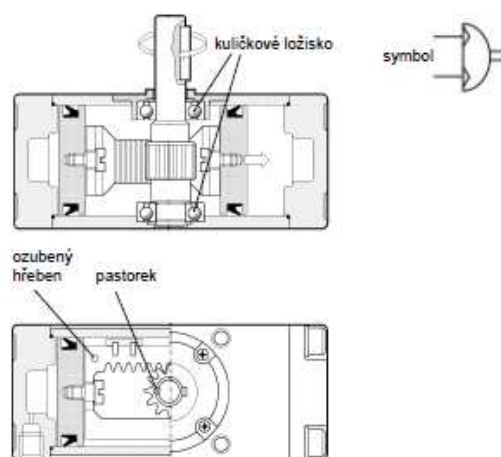
Hlavní nevýhodou lamelových motorů je netěsnost lamely a tělesa pohybující se v řádu několika cm^3/min .



Obr. 24 Lamelový motor[1]

3.2 Kyvný motor s ozubeným hřebenem a pastorkem

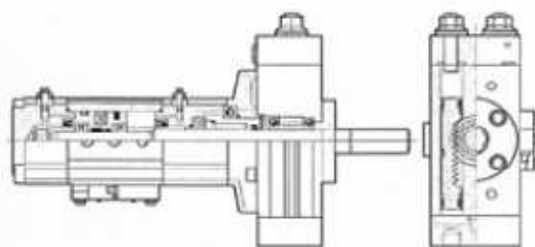
U tohoto typu motoru (Obr. 25) je hřídel uložena ve valivých ložiskách a tvoří s pastorkem jednu součást. Do pastorku zabírá ozubený hřeben posouváný písty, na které vyvozuje sílu přiváděný tlakový vzduch. Na tomto hřebenu jsou drážky pro upevnění snímačů. Rozsah kyvu se pohybuje od 90° do 180° . V porovnání s lamelovými motory se dosahuje většího kroutícího momentu.



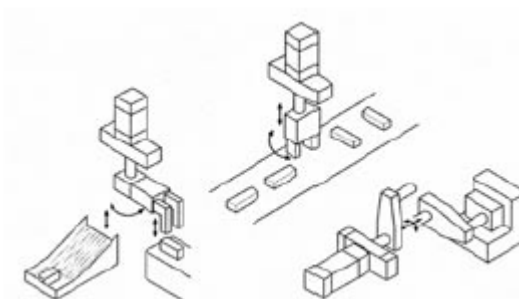
Obr. 25 Kyvný motor s ozubeným hřebenem a pastorkem[1]

3.3 Kombinovaný lineární a kyvný motor

Tento motor vznikl zkombinováním lineárního a kyvného motoru (Obr. 26). Na pístnici lineárního motoru je upevněn motor kyvný. Oba pohyby je možné provádět samostatně i naráz. Tyto motory se využívají zejména jako manipulátory s různými polotovary a výrobky (Obr. 27).



Obr. 26 Kombinace lineárního a kyvného motoru[1]

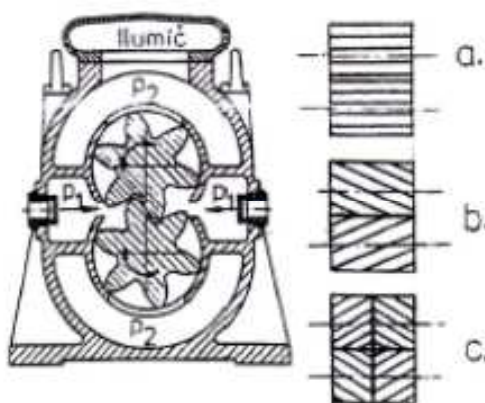


Obr. 27 Příklady použití kombinovaného motoru[1]

4 Rotační motory

4.1 Zubový motor

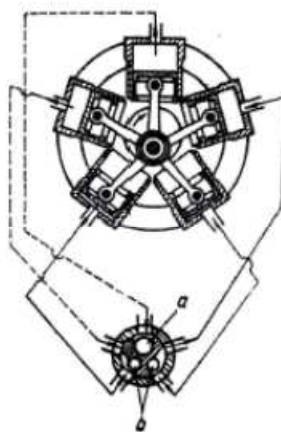
Zubové motory pracují se záběrem dvou ozubených kol. Podle tvaru zubů [5] dělíme tyto motory na s přímými (Obr. 28a), šikmými (Obr. 28b) nebo šípovými zuby (Obr. 28c). Rotační pohyb způsobuje přiváděný tlakový vzduch na jednu stranu motoru, na výstupu je tlak blízký atmosférickému. Reverzace otáček se dosahuje přivedením tlakového vzduchu na jednu nebo druhou stranu motoru.



Obr. 28 Zubový motor[8]

4.2 Radiální pístový motor

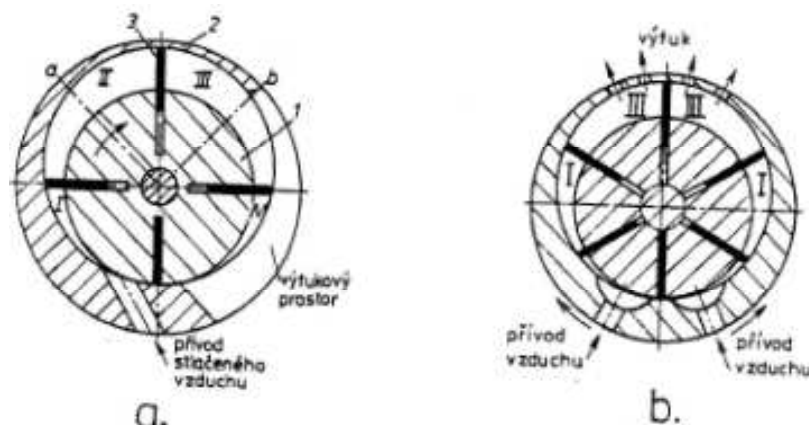
Tento motor (Obr. 29) vznikl radiálním uspořádáním pístů, rozvod tlakového vzduchu zajišťuje rotační válcové šoupátko.



Obr. 29 Radiální pístový motor[8]

4.3 Lamelové rotační motor

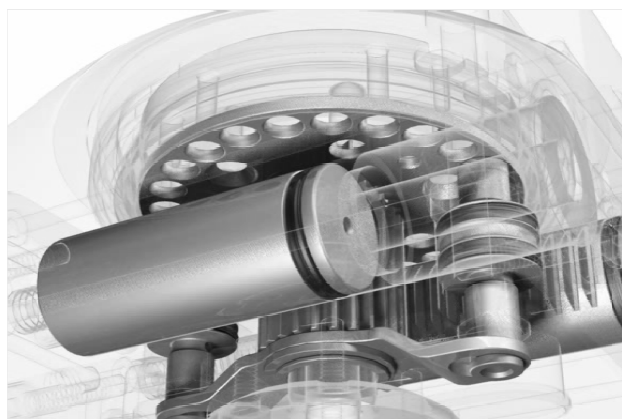
Patří k nejrozšířenějším rotačním motorům. Používá se pro pohon nástrojů, jako jsou brusky, vrtačky, šroubováky, utahováky apod.). Rozlišujeme dva základní typy a to pro jeden směr otáčení (Obr. 30a) a reverzační (Obr. 30b).



Obr. 30 Rotační lamelový motor[8]

5 Otočné stoly

V důsledku požadavků na komplexnost kyvných pohonů byly vyvinuty otočné stoly. Tyto motory vycházejí z obou skupin kyvných pohonů (lamelové, s ozub. hřebenem a pastorkem), (Obr. 35). Výhodou těchto motorů je možnost zabudování přímo na čelní plochu otočného stolu, který je uložen ve valivém ložisku zachycující radiální i axiální síly vyvolané hmotností břemene. Otočné stoly se vyznačují robustní mechanikou, snadným návrhem a uvedením do provozu, měkkým, téměř sinusovým průběhem. Jsou odstupňované dle počtu poloh od 2, 3, 4 po 24. Otočné stoly jsou osazeny také mnohými integrovanými funkcemi, jako je ochrana proti přetížení vlivem příliš velkého momentu setrvačnosti, nastavením tlumení, rychlosti, změnou směru otáčení a snímači. Firma FESTO [11] vyrábí otočné stoly s mnohým příslušenstvím jako je jednoduchý otočný talíř (Obr. 32), otočný talíř s otočným průchozím vedením (Obr. 33) nebo otočný a pevný talíř (Obr. 34). Otočný stůl lze snadnou výměnou a upravením vnitřních částí mechanismu nastavit na požadovaný počet poloh, tlumení nebo směr otáčení (Obr. 31).



Obr. 31 Vnitřní uspořádání prvků otočného stolu DHTG



Obr. 32 Otočný stůl s jednoduchým talířem[11]



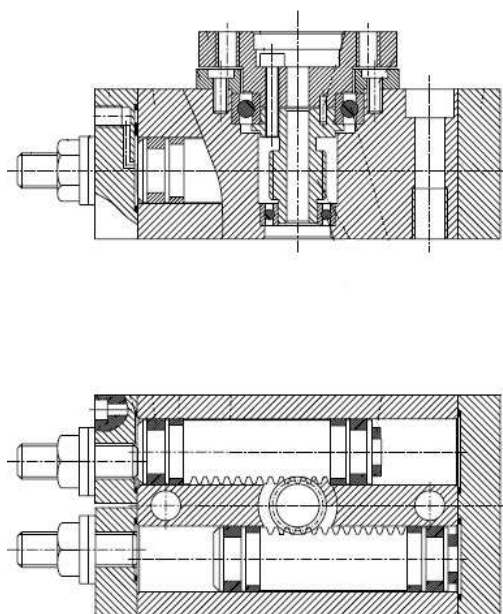
Obr. 33 Otočný stůl s otočným talířem s průchozím vedením[11]



Obr. 34 Otočný stůl s otočným a pevným talířem[11]



Obr. 35 Otočný stůl a) s ozubeným hřebenem a pastorkem a za b) s lamelovým pohonem[1]



Obr. 36 Řez otočným stolem s ozubeným hřebenem a pastorkem[10]

6 Hydropneumatické systémy

Podle literatury firmy Specken-Drumag [6] požadavky kladené na kvalitu pohonů strojů a jednotek jsou často velmi vysoké. Velké rychlosti kombinované s malými rychlostmi nebo velkou přesností pohybu. Hydropneumatické systémy mají výhodu v tom, že kombinují výhody stlačeného vzduchu (velké provozní rychlosti) a výhodami hydrauliky (přesné ovládání průtoku). V těchto systémech je kvantitativního pohybu dosaženo pomocí stlačeného vzduchu a kvalitativního pomocí hydraulického obvodu. Použití těchto systémů je univerzální a lze je použít pro zásobování a dopravu dřeva, kovu a skla ke zpracování, dále pro manipulaci, místní operace, kontrolu a regulaci pohybu výrobních technologií. Hydraulické válce s tlakovými zesilovači lze použít pro operace nýtování, upínání, lisování, ražení, ohýbání, děrování atd. Hydropneumatické lineární pohony jsou systémy,

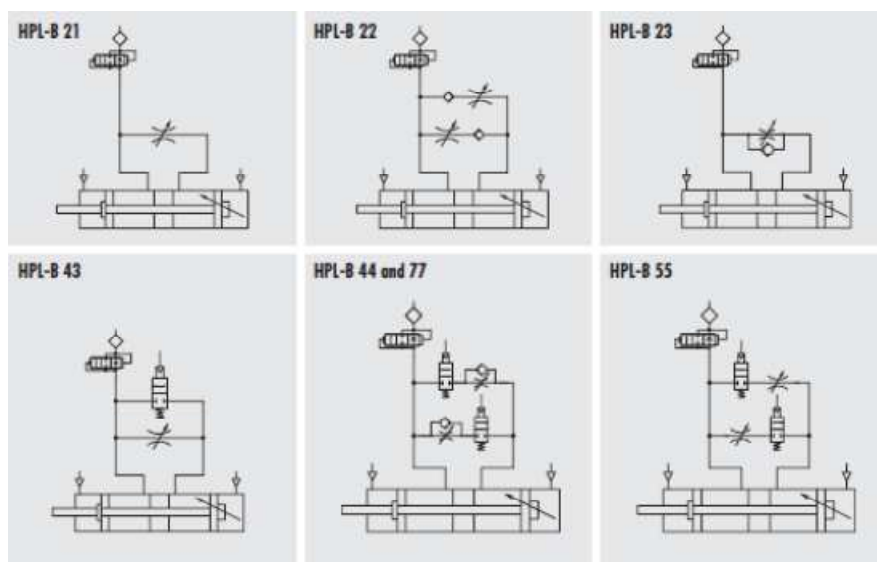
které poskytují optimální řešení pro mnoho úkolů, pro jejich velmi specifické vlastnosti. Možnost ovládání extrémní změny rychlosti při zachování velmi vysoké kvality pohybu jsou nejvíce pozitivní aspekty této univerzální technologie.

Fyzikální vlastnosti pohonů nabízí následující výhody:

- Plynulý pohyb
- Jednotná, přesná rychlost
- Vysoce přesný zdroj a rychlý pohyb
- Přesné polohování
- Univerzální funkční kombinace
- Snadné přizpůsobení k mikroprocesorům
- Vysoké zesílení
- Spotřeba energie pouze při vlastním provozu

6.1 Uzavřené hydropneumatické obvody

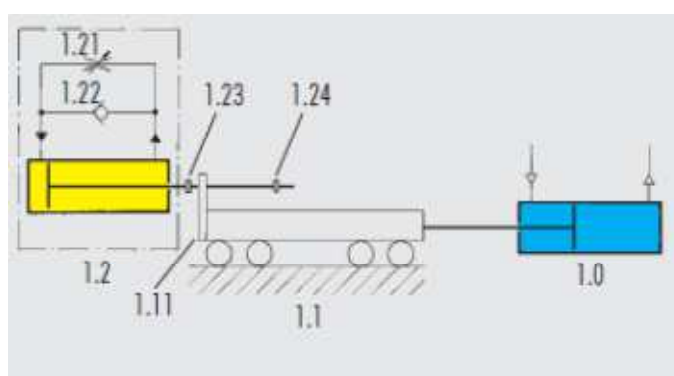
Za uzavřený hydropneumatický obvod uvažujeme taková zařízení, kde stlačený vzduch přeměňuje energii přímo na pístu válce. Uzavřený hydraulický obvod může být samostatný nastavitelný brzdový válec(6.1.1) nebo může být integrován přímo do pohonu(6.1.2). Díky rozmanitým možnostem funkčních zapojení je možné sestavit hydropneumatický obvod pro téměř jakýkoli případ. Z obrázku (Obr. 37) je patrné, že pomocí škrtků a jednosměrných ventilů a rozváděčů 2/2 lze sestavit funkční kombinaci se stejným škrcením v obou směrech průtoku (HPL-B 21), různé škrcení v každém směru (HPL-B 22), škrcení pouze v jednom směru průtoku (HPL-B 23) a jiné. Z obrázku (Obr. 37) je patrné, že pomocí škrtků a jednosměrných ventilů a rozváděčů 2/2 lze sestavit funkční kombinaci se stejným škrcením v obou směrech průtoku (HPL-B 21), různé škrcení v každém směru (HPL-B 22), škrcení pouze v jednom směru průtoku (HPL-B 23) a jiné.



Obr. 37 Možné funkční kombinace uzavřených hydropneumatických obvodů HPL

6.1.1 Pneumatický válec s olejovým brzdným válcem

Pneumatický válec 1.0 je pístnicí spojen s vozíkem 1.1. Pohyb vozíku je omezen zarážkou 1.11 mezi koncovými dorazy 1.23 a 1.24, které jsou připojeny na pístnici brzdného válce, přičemž mezi těmito dorazy se pohybuje plnou rychlostí. Při vysouvání a dosažení dorazu 1.23 olej přeteče přes jednocestný ventil 1.22 na druhou stranu pístu a vozík dojde do koncové polohy plnou rychlostí. Při zpětném pohybu a dosažení dorazu 1.24 olej přeteče přes škrťací ventil 1.21 a dojde k zbrždění pohybu vozíku. Nastavením škrťacího ventilu 1.21 se dosáhne požadované rychlosti dojezdu do koncové polohy.



Obr. 38 Pneumatický válec s olejovým brzdným válcem

1.0-pneumatický válec

1.1-vozík

1.11-zarážka

1.2-olejový brzdňý válec

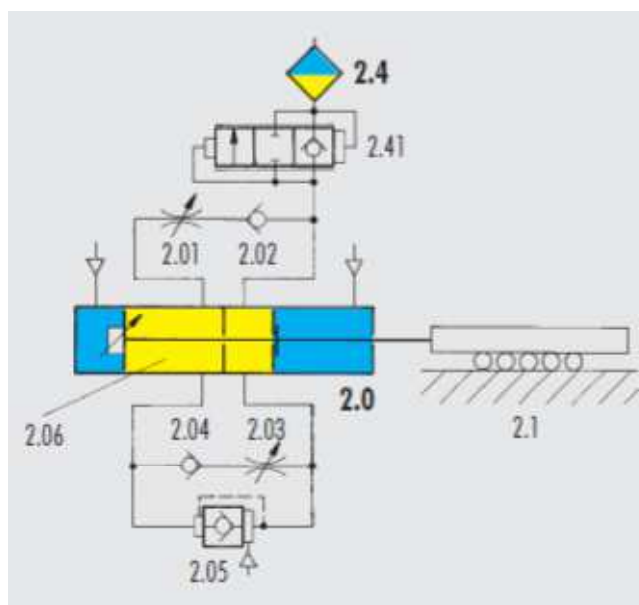
1.21-škrťící ventil

1.22-jednocestný ventil

1.23,1.24-dorazy

6.1.2 Zásobovací jednotka HPE 77

Pneumatický válec 2.0 s tlumením v koncové poloze na levé straně je pístnicí spojen s vozíkem 2.1. Olejový brzdňý válec je integrován přímo v pneumatickém válci. Tlaková energie stlačeného vzduchu je přímo převáděna do olejové části systému. Při vysouvání válce olej teče přes škrťící ventil 2.01 a jednocestný ventil 2.02. Rychlost posuvu lze nastavit pomocí škrťícího ventilu 2.01. Při vysouvání může být rychlost zvýšena otevřením ovládaného jednocestného ventilu 2.05. Při zpětném pohybu teče olej přes škrťící ventil 2.03 a jednocestný ventil 2.04. Rychlost posuvu lze měnit nastavením škrťícího ventilu 2.03. Ztráty oleje vlivem průsaků jsou pokryty průběžným dodáváním oleje přes zařízení na vyrovnání tlaku 2.4 a rozváděč 2.41.



Obr. 39 Zásobovací jednotka HPE 77

2.0-pneumatický válec

2.01,2.03-škrťací ventily

2.02,2.04-jednocestné ventily

2.05-jednocestný řízený ventil

2.06-komora pro olej

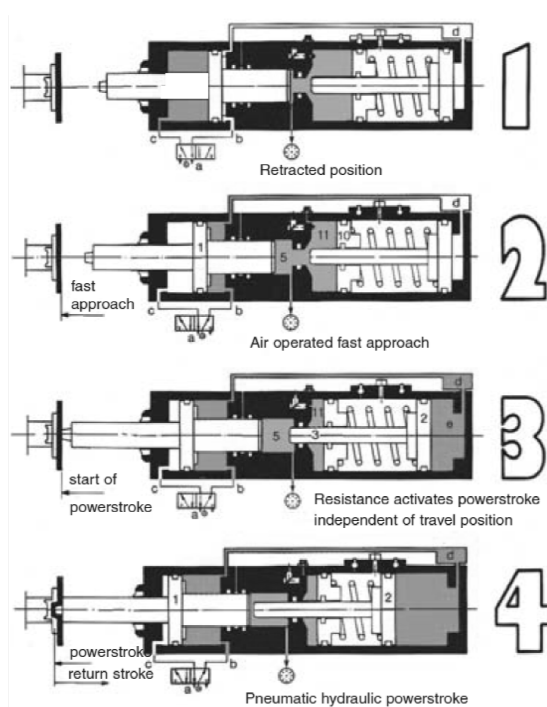
2.1-vozik

2.4-zařízení pro vyrovnání tlaku

2.41-rozváděč

6.1.3 Válec s multiplikátorem tlaku

Tento hydropneumatický válec (Obr. 40) se používá pro operace lisování, nýtování, vystřihování apod. Po přivedení tlaku se pístnice rychle vysouvá až k dosažení dané pracovní polohy. Poté vlivem nárůstu tlaku ve válci se začne vysouvat i hydraulická část válce čímž dojde k multiplikaci tlaku a vykonání daného silového pracovního úkonu.



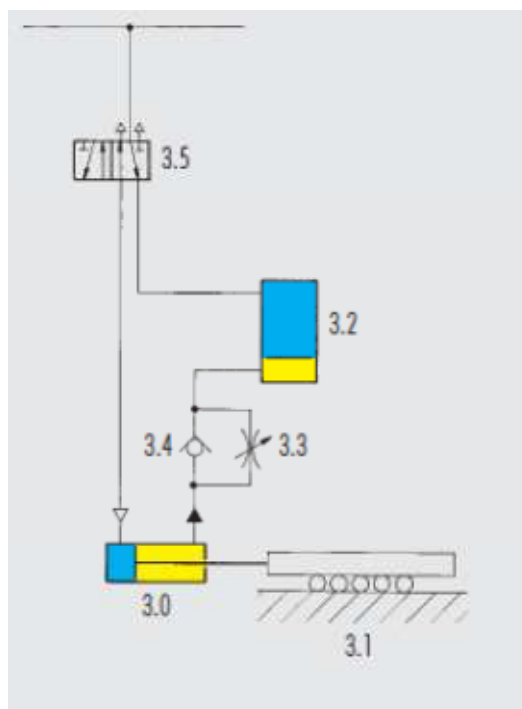
Obr. 40 Válec s multiplikátorem tlaku[12]

6.2 Otevřené hydropneumatické obvody

U otevřeného hydraulického systému je energie stlačeného vzduchu převedena na hydraulické médium ve speciálních zařízeních. Hydraulický tok je směřován na ovládaný válec a může být regulován škrťacími ventily.

6.2.1 Hydropneumatická jednotka s pohonem vzduch-olej

Válec 3.0 je pístnicí spojen s vozíkem 3.1. Po přestavení rozváděče 3.5 a přivedení tlakového vzduchu na jednu stranu pístu se válec začne vysouvat a olej začne protékat přes škrťací ventil 3.3 do tlakové nádrže 3.2. Rychlost vysouvání je řízena škrťacím ventilem 3.3. Po přestavení rozváděče 3.5 do výchozí polohy začne olej protékat přes jednosměrný ventil 3.4 zpět do prostoru válce a ten se začne zasouvat.



Obr. 41 Hydropneumatická jednotka s pohonem vzduch-olej

3.0-válec

3.1-vozik

3.2-tlaková nádrž vzduch-olej

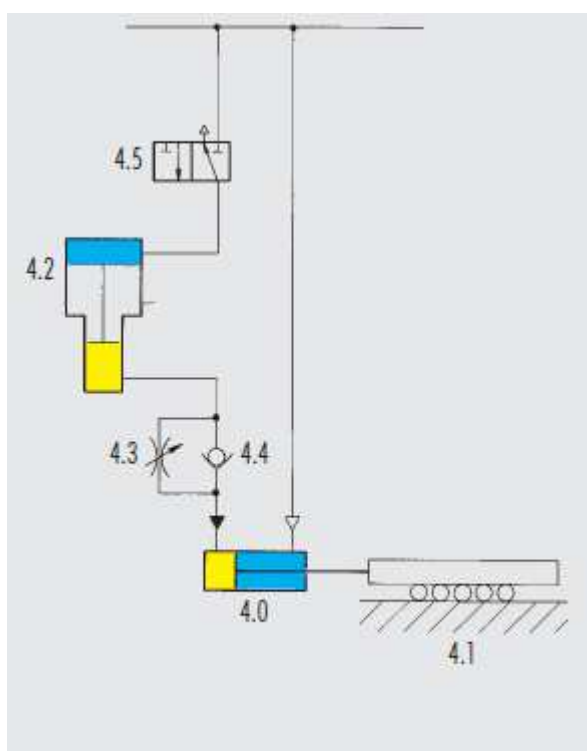
3.3-škrťací ventil

3.4-jednosměrný ventil

3.5-rozváděč

6.2.2 Hydropneumatický motor s multiplikátorem tlaku

Válec 4.0 je pístnicí spojen s vozíkem 4.1. Na válec je na jednu stranu neustále přiveden tlakový vzduch. Po přestavení rozváděče 4.5 se přes multiplikátor tlaku 4.2 zvýší tlak působící na olej a ten protéká přes škrťací ventil 4.3 a následně na válci překoná sílu vyvozenou tlakovým vzduchem a válec se začne vysouvat. Po přestavení rozváděče do výchozí polohy se prostor v multiplikátoru odvětrá a poklesem tlaku se začne válec zasouvat a olej teče přes jednosměrný ventil 4.4 zpět do multiplikátoru.



Obr. 42 **Hydropneumatický pohon s multiplikátorem tlaku**

4.0-válec

4.1-vozik

4.2-multiplikátor tlaku

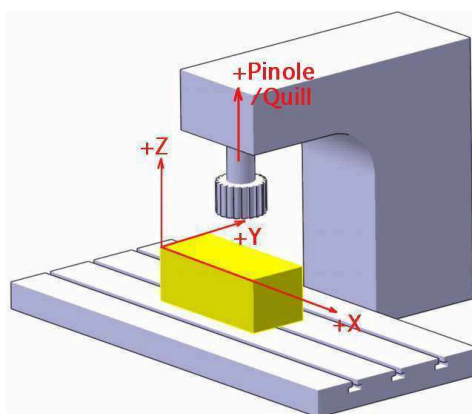
4.3-škrťací ventil

4.4-jednosměrný ventil

4.5-rozváděč

7 Návrh pneumatického pohonu

Součástí zadání bakalářské práce je návrh pneumatického pohonu. Po dohodě s vedoucím práce byl zvolen tento případ. Jedná se o pohon suportu frézky (nebo jiného jednoúčelového stroje), obráběný kus se pohybuje rychloposuvem do vzdálenosti 100 mm a poté 20 mm pracovním posuvem. Po dosažení koncové polohy se rychloposuvem vrací do původní polohy.



Obr. 43 Schématické zobrazení frézky

Napájecí tlak $p=5 \text{ bar}=0,5 \text{ MPa}$

Síla vysouvání: 500-600 N

Dráha rychloposuvem: 100 mm

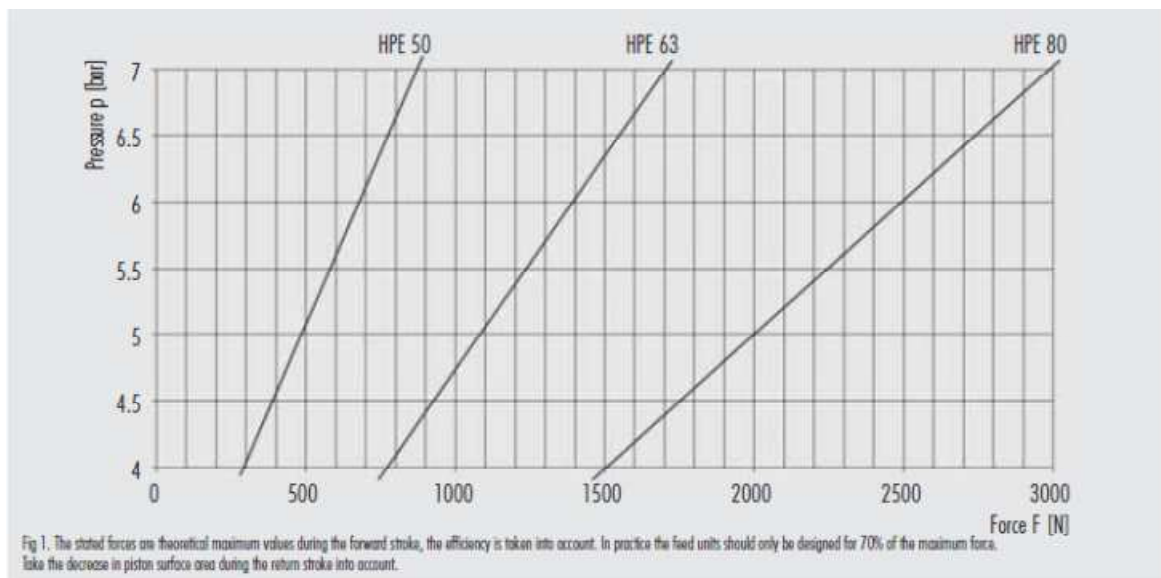
Dráha pracovním posuvem: 20 mm

Návrh pohonu:

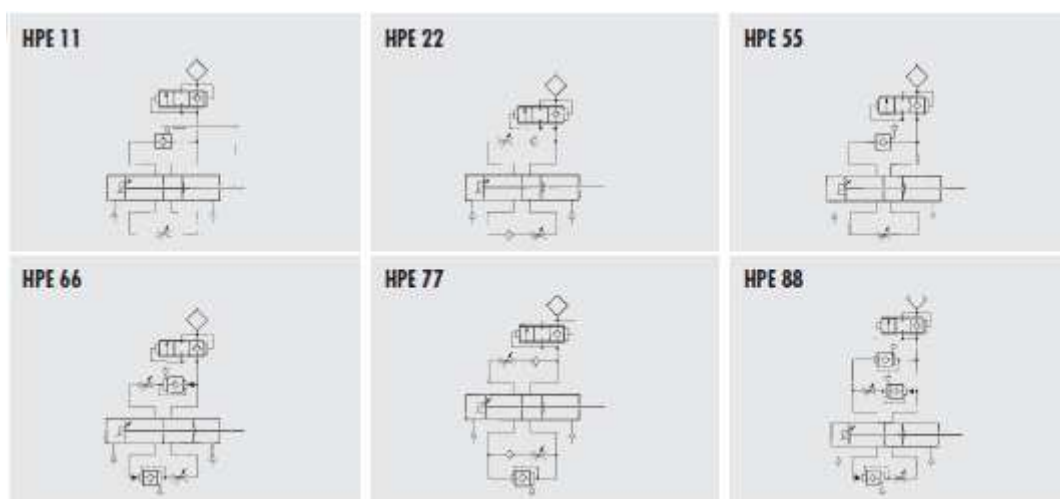
$$p = \frac{F}{S} \Rightarrow \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{F}{p} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 600}{\pi \cdot 0,5}} = 39 \text{ mm}$$

Po spočítání teoretického průměru, pomocí výše uvedeného vzorce, volím rozměr z typové řady (Obr. 44) hydropneumatických jednotek řady HPE, přičemž respektuji doporučení výrobce dimenzovat dané jednotky na 70% maximální síly a volím jednotku HPE 63. Poté volím vhodné funkční zapojení (Obr. 45). Vzhledem k potřebám zadaného pohonu volím

funkční řadu HPE 55. Kompletní označení voleného pohonu je tedy HPE 55-A 63/160-DK.



Obr. 44 Diagram pracovní oblasti navrhovaného pohonu



Obr. 45 Možná funkční zapojení pohonných jednotek HPE

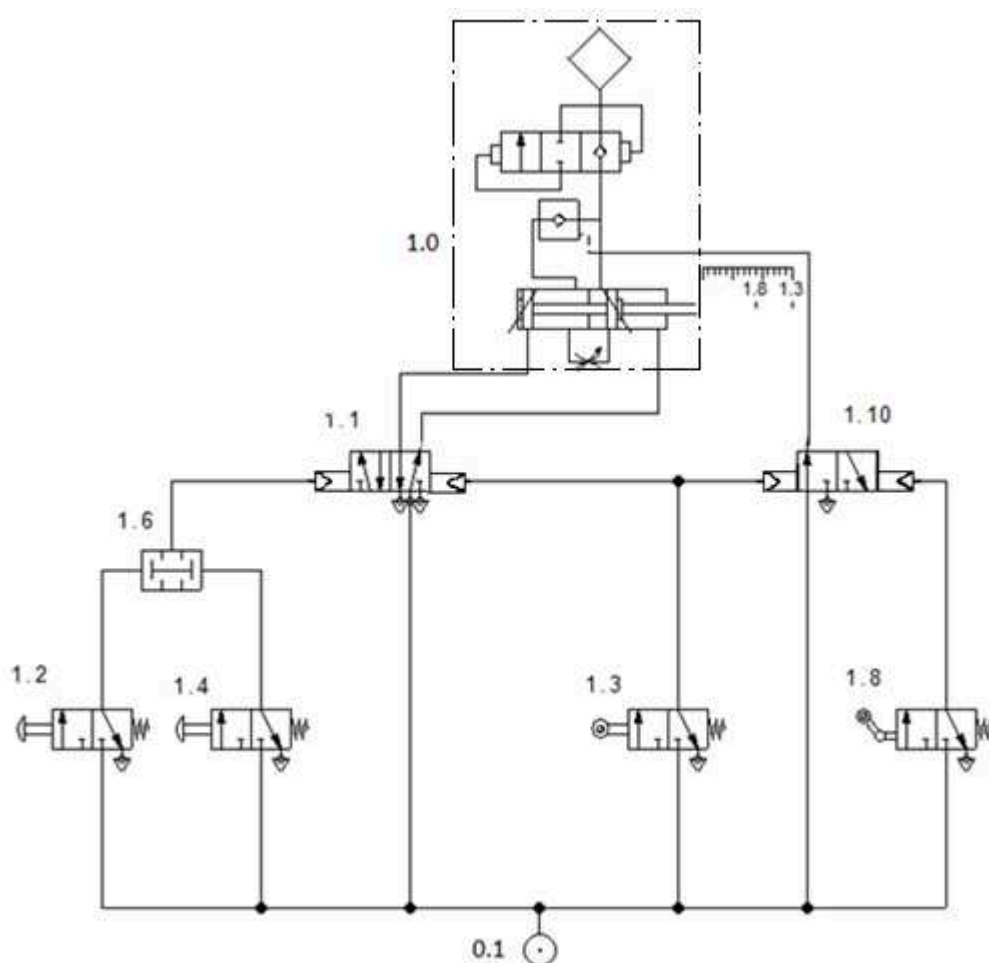
Po zvolení pohonné jednotky vytvářím pneumatický řídicí obvod pro zajištění správné funkce pohonu. Přičemž řídicí obvod není sestaven s ohledem na bezpečnost, protože použitím bezpečnostních prvků komplikuje návrh obvodu nad rámec bakalářské práce.

Popis funkce obvodu:

Rozváděč 1.10 je ve výchozí poloze otevřen a tlakový vzduch přes něj protéká až do řízeného jednosměrného ventilu, který se otevírá. Po současném stlačení tlačítek 1.2 a 1.4 tlakový vzduch protéká přes ventil AND k rozváděči 1.1. Po přestavení rozváděče 1.1 se

začne vysouvat hydropneumatická jednotka (HPJ) 1.0 rychloposuvem až k dosažení sklopné kladky 1.8, která přestaví rozváděč 1.10. Po přestavění rozváděče 1.10 se HPJ 1.0 pohybuje pracovním posuvem až k dosažení koncové polohy a kladky 1.3. Po dosažení koncové polohy se přestaví rozváděč 1.10 do výchozí polohy a HPJ 1.0 se vrací do počáteční polohy rychloposuvem. K nastavení pracovního posuvu se použije škrticí ventil umístěný na pohonné jednotce HPE.

Schéma zapojení obvodu:



Specifikace prvků:

1.0 - Hydropneumatická jednotka HPE 55-A 63/160-DK

Výrobce: Specken.Drumag

Rozsah pracovního tlaku: 3 - 10 bar

Pracovní médium: tlakový vzduch, mazaný nebo nemazaný

Pracovní teplota: 15 - 80 °C

Rozsah rychlostí: 0,5 mm/min - 21m/min

1.2, 1.4 - 3/2 rozváděč ovládaný tlačítkem, zpětný pohyb zajišťuje pružina

Výrobce: Pneumax s.r.o.

Obj.č.-228.32.6.1/2

Rozsah pracovního tlaku: 3 – 10 bar

Pracovní médium: tlakový vzduch, přimazávaný

Pracovní teplota: -5 – 70°C

1.8 - 3/2 rozváděč ovládaný kladičkou se zpětným chodem naprázdno návrat do základní polohy pružinou

Výrobce: Pneumax s.r.o.

Obj.č.-228.32.3.1/2

Rozsah pracovního tlaku: 3 – 10 bar

Pracovní médium: tlakový vzduch, přimazávaný

Pracovní teplota: -5 – 70°C

1.3 - 3/2 rozváděč ovládaný kladičkou, návrat do základní polohy pružinou

Výrobce: Pneumax s.r.o.

Obj.č.-228.32.4.1

Rozsah pracovního tlaku: 3 – 10 bar

Pracovní médium: tlakový vzduch, přimazávaný

Pracovní teplota: -5 – 70°C

1.10 - 5/2 rozváděč ovládaný oboustranně pneumaticky

Výrobce: Pneumax s.r.o.

Obj.č.-105.52.11.11

Rozsah pracovního tlaku: 3 – 10 bar

Pracovní médium: tlakový vzduch, přimazávaný

Pracovní teplota: -5 – 70°C

1.6 - Ventil AND

Výrobce: SMC

Obj.č.-VR1211 F-06

8 Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval rozdělením pneumatických přímočarých a kyvných motorů, především jejich speciálními typy jako byly bezpístnicové motory, měchy, fluidní svaly nebo otočné stoly. Dále jsem se zabýval přehledem hydropneumatických motorů a jejich použití. V závěru práce jsem navrhoval hydropneumatický pohon frézky, kde jsem po stanovení typu vlastního pohonu sestavil i řídicí pneumatický obvod.

9 Použitá literatura

- [1] KOLEKTIV AUTORŮ. SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. Vydání. 344 s.
- [2] Třísý dopravní pneumatický systém [online] Dostupné z: <http://2009.oc.smc-ccc.com/cz/pdf/MF_CAT.pdf>
- [3] Měchové válce [online] Dostupné z: <http://www.fluidbohemia.cz/resources/upload/data/415_2.80.001%2C08%2C59CZ.pdf>
- [4] Fluidní svaly [online] Dostupné z: <http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_CS/PDF/CZ/MAS_CZ.PDF>
- [5] KOPÁČEK, J., ŽÁČEK M.: *Pneumatická zařízení strojů*. Ostrava: VŠB-TUO, 2008. ISBN 978-80-248-0442-2
- [6] Hydropneumatics [online] Dostupné z: <http://www.specken-drumag.com/downloads/KAT/KAT_Hydropneumatics_en.pdf>
- [7] Pneumatické prvky [online] Dostupné z: <http://www.pneumaxsro.cz/index.php?pg=pneu_5000>
- [8] KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB – TUO, 1996. 267s. ISB 80-7078-306-0
- [9] Air Bellows [online] Dostupné z: <http://www.parker.com/literature/Pneumatics%20Division%20Europe/PDE-Documents/Air%20Bellows_%20Technical%20Catalogue-UK.pdf>
- [10] Kyvné pohony [online] Dostupné z: <http://www.pneumaxsro.cz/pdf/pneu_cat06-0003.pdf>
- [11] Otočné montážní stoly DHTG [online] Dostupné z: <http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_CS/PDF/CZ/DHTG_CZ.PDF>
- [12] TOX Product Range [online] Dostupné z : <http://www.tox-us.com/fileadmin/pdf/us/product_range/TOX_Product_Range_00_200811_us.pdf>